

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 45 290.3

Anmeldetag: 27. September 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur numerischen Steuerung

IPC: G 05 B 19/41

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

Wenner

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur numerischen Steuerung

5 Die Erfindung betrifft eine numerische Steuerung beziehungsweise ein Verfahren zur numerischen Steuerung für Werkzeugmaschinen, Roboter oder Produktionsmaschinen. Die Steuerung derartiger Maschinen wird in Tabellen und/oder ISO-Programmen beschrieben. Ein tabellenartiger Aufbau eines Steuerungsprogramms ist beispielsweise aus der EP 0 672 976 A1 oder aus
10 der DE 691 00 887 T2 bekannt. Durch Leitachswertpaare bzw. Folgeachswertpaare in Tabellen sind Bewegungen und Aktionen in Abhängigkeit eines Leitwertes oder von Leitwerten hinterlegt. Ein Leitwert ist ein Kennsignal. Das grundsätzliche
15 Verfahren zur Programmierung einer numerischen Steuerung einer Werkzeugmaschine eines Roboters oder einer Produktionsmaschine ist aus dem Buch NC/CNC-Handbuch von Hans B. Kief bekannt. Weiterhin sind daraus entsprechende numerische Steuerungen bekannt.

20

Derartige numerische Steuerungen werden für immer kompliziertere Aufgabenstellungen herangezogen. Dies hat zur Folge, dass die numerische Steuerung beziehungsweise das Programm zur numerischen Steuerung immer komplexer und aufwendiger
25 ist.

Aufgabe der folgenden Erfindung ist es, eine numerische Steuerung für Werkzeugmaschinen, Roboter oder Produktionsmaschinen anzugeben, bei welcher komplexe und umfangreiche Aufgabenstellungen leichter zu bewerkstelligen sind.
30

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt durch eine numerische Steuerung nach den Merkmalen des Anspruchs 1.

35 Numerische Steuerungen sind für Werkzeugmaschinen, Roboter oder Produktionsmaschinen einsetzbar. Bei derartigen numerischen Steuerungen sind in einem Interpolationstakt Kennsigna-

le, insbesondere Lage-Sollwerte für Systemkomponenten, insbesondere Antriebe, generierbar. Bei einer erfindungsgemäßen numerischen Steuerung liefert z.B. eine Leitachse einen Leitwert im Interpolationstakt zum Auslesen einer Tabelle, durch die dazu Lage-Sollwerte für eine synchrone Folgeachse abfragbar sind. Der Leitwert ist ein Referenzwert, der als Kennsignal dient. In der Tabelle sind jedoch auch frei zum Interpolationstakt start- und gegebenenfalls endauslösende Schaltfunktionen oder andere Funktionen einer Numerische Steuerung oder einer Speicher programmierbaren Steuerung hinterlegbar. Sobald der Interpolationstakt den Zeitpunkt eines Referenzwertes erreicht oder überschritten hat, ist eine Auslösung der Funktion, welche in der Tabelle abgelegt ist, auslösbar. Folgt einem Interpolationstakt eine Funktion so ist diese Funktion auch bereits zu dem vorangehenden Interpolationstakt ausführbar. Das Nacheilen, bzw. Voreilen der Ausführung einer Funktion ist in der Nacheillänge bzw. der Voreillänge einstellbar. Für Funktionen gibt es also die Möglichkeit einer Eingangsverschiebung bzw. einer Ausgangsverschiebung. Somit ist also ein Vorhalt bzw. ein Nachhalt realisierbar. Der Voroder auch Nachhalt kann positionsabhängig oder zeitabhängig oder ereignisabhängig ausgeführt werden bzw. sein. Darüber hinaus kann sowohl der Leitachswert als auch der Folgeachswert multiplikativ bewertet werden. Das Folgeobjekt einer Tabelle kann Leitwert einer weiteren Tabelle sein, so dass eine Kaskadierung vorliegt. Die Leitachse, d.h. der Leitwert muss keine Position einer Achse sein, sondern ist beispielsweise ein wahlfreier Wert. Daraus ergibt sich z.B. eine Zustandsgrafenfortschaltung.

Die bislang bekannte Positionskopplung über Tabellen ist nun durch eine Funktionskopplung erweitert. Aus der Positionskopplung ergibt sich ein Achsprofil. Aus der Funktionskopplung ergibt sich ein Funktionsprofil. Mit Hilfe einer Funktion sind neben Achsen auch Spindeln oder Prozessgrößen oder Prozesszustände in Abhängigkeit der Leitachse, welche den Leitwert darstellt, zu beeinflussen. Durch eine Funktion ist

ggf. auch ein Einfluss auf den Leitwert vornehmbar. Der Leitwert ist beispielsweise so beeinflussbar, dass er langsamer, schneller oder verschoben wird. Durch Funktionen sind Folgeobjekte, wie ein Achs-Lagesollwertanteil oder eine Verschleissgröße überlagerbar. Durch ein Folgeobjekt ist das Zu- oder Abschalten einer oder mehrerer Leitachbeziehungen oder Folgeachsbeziehungen verknüpft mit einer in der Tabelle formulierten und dort gegebenenfalls codierten Prozessbedingung bewirkbar.

10

Innerhalb eines Programmablaufs einer numerischen Steuerung sind abhängig von einem im Interpolationstakt auszulesenden Referenzwert bzw. Referenzwerten Verweise auf eine Tabelle gegeben, wobei in der Tabelle ausführbare Funktionen hinterlegt sind, welche dann zur Ausführung kommen, wenn der Interpolationstakt den Zeitpunkt erreicht oder überschritten hat, der dafür vorgesehen ist. Der Referenzwert ist beispielsweise ein Positionswert oder auch ein Zeitwert.

15

20 Dadurch, dass eine Ablage von Funktionen in Tabellen erfolgt, ergibt sich eine Reduzierung des Programmcodes, da innerhalb eines Programmablaufs mehrfach auf die in der Tabelle hinterlegten Funktionen zurückgegriffen werden kann. Durch die Verwendung einer Codierung kann auch eine bereits in einer Programmierung vorhandene Tabellenstruktur derart genutzt werden, dass Funktionen so codiert sind, dass diese in eine vorhandene Tabellenstruktur passen. Zur Ausführung der Funktion ist das Lesen und Entschlüsseln, d.h. decodieren, der codierten Funktion notwendig. Nach einer Online-Decodierung erfolgt
30 eine Ausgabe z.B. des Folgeachswertes an die Steuerungsfunktionalität. Die Codierung z.B. eines Folgeachswerts ist für alle Profile (Leit-/Folgebeziehungen) gewählt bei denen das Folgeobjekt nicht einen Lagesollwert darstellt, d.h. nicht mit einem aus dem Stand der Technik bekannten Befehl "LEADON" die Folgeachse synchron in Abhängigkeit von der Leitachse,
35 wie in der Tabelle - hinterlegt, verfahren wird, sondern über Befehle wie "CTABSSV / CTABSEV" Folgewerte gelesen werden und

abhängig von diesem Wert Spindelgrößen bzw. Prozessgrößen und/oder -zustände angesprochen und/oder verändert werden. Der Folgeachswert ist also bei Funktionsprofilen codierbar. Die Codierung erfolgt, um mehrere unabhängige Funktionsauslösungen bzw. Funktionsveränderungen gleichzeitig bewirken oder diese Funktionsauslösungen bzw. Funktionsveränderungen mit einem zusätzlichen Parameter beeinflussen zu können. Hiermit kann auch eine Reduzierung des Tabellenvolumens einhergehen.

10 Ein Vorteil der Hinterlegung von Funktionen in Tabellen ist im Vergleich zu ISO / DIN - klassischen Programmcodes die höhere Deterministik, d.h. alle Abläufe können abhängig vom Leitwert positions- oder zeitbezogen gestaltet werden. Dies hat beispielsweise Vorteile bezüglich einer verbesserten Kollisionsminderung bzw. Kollisionsvermeidung. Des weiteren ist eine exaktere Vorhersehbarkeit von Vorgängen gegeben. Programmabläufe sind bekanntlich durch die Interpretation mit präoperativen Abläufen zwar reproduzierbar, aber nicht exakt vorhersehbar in der Deterministik. D.h. es ist nicht exakt
15 bestimmbar in welchem IPO-Takt die Achse X1 im Kanal 1 ist und wo zu diesem Zeitpunkt die Achse Z2 im Kanal 2 ist, wenn beide Kanäle unabhängige Programme abfahren. Auch dieses Problem wird durch die Erfindung gelöst.

Bei einem Verfahren zur numerischen Steuerung von Werkzeugmaschinen, Robotern oder Produktionsmaschinen, bei der in einem Interpolationstakt Kennsignale, insbesondere Lage-Sollwerte für Systemkomponenten, insbesondere Antriebe, generiert werden, werden durch eine Leitachse im Interpolationstakt Referenzwerte zum Auslesen einer Tabelle geliefert, in der codierte und/oder nicht codierte Lage-Sollwerte für synchrone Folgeachsen vorgegeben werden und/oder in der Tabelle auch frei zum Interpolationstakt hinterlegte codierte und/oder nicht Funktionen abgefragt werden und sobald der Interpolationstakt den Zeitpunkt erreicht oder überschritten hat oder in
30 einem nächsten Interpolationstakt überschritten hat, diese Funktionen ausgelöst werden.

Unter Verwendung einer Tabelle, in welcher eine Funktion hinterlegt ist, sind nicht nur Achsen mithilfe von Tabellen synchron in Abhängigkeit von einer Leitachse zu bewegen, sondern es sind auch noch weitergehende Funktionen ausführbar. Die in der Tabelle hinterlegte Funktion betrifft beispielsweise auch ein Folgeobjekt, wobei das Folgeobjekt z.B. eine Spindel, eine Schaltfunktion, ein parametrisierter Funktionsaufruf, ein PLC-Ausgang/Element/Ablauf, eine Leitachse oder ein Leitwert einer weiteren Tabellenbeziehung oder anderer Kopplungsfunktionen ist. Der parametrierbare Funktionsaufruf ist beispielsweise ein ISO-Unterprogramm, ein sogenanntes ISO-Event. Mit Hilfe einer Koppelfunktion ist eine Kaskadierung, einer oder mehrere Achsen, einer oder mehrerer Spindeln, ..., einer oder mehrerer NCU/Maschinen, bzw. eine Kombination derer durchführbar. NCU/Maschinen sind über einen NCU-Link bzw. über PLC-CPs datentechnisch miteinander verbunden. Die in der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung verfügbaren Funktionen sind auch als Funktionen in einer Tabelle verfügbar.

- 20 Ein Leitobjekt kann eine Achse, ein Leitwert, eine von der PLC (Programmable Logic Control) beeinflusste Zustand und entsprechendes sein.

Die Tabellen der oben beschriebenen Art sind in vorteilhafter Weise segmentweise von einem Massenspeicher über einen darüber versorgten FIFO-Speicher in der Steuerung verarbeitbar. Das heißt, die Tabellen werden segmentweise von einem Massenspeicher auf einen darüber versorgten FIFO-Speicher in der Steuerung übertragen und dort verarbeitet.

30

Eine derartige Segmentierung ist jedoch nicht nur vorteilhaft bei den erfindungsgemäßen Tabellen einsetzbar, sondern auch schon bei Tabellen nach dem Stand der Technik. Insbesondere auch dort ergibt sich durch die Segmentierung die Möglichkeit einer fortlaufenden Bearbeitung eines Werkstückes ohne den bisherig gegebenen Einschränkungen bezüglich des Speicher-

Eine Funktion ist beispielsweise eine Start- und/oder gegebenenfalls endauslösende Schaltfunktion.

5 Bezüglich des Verfahrens zur numerischen Steuerungen sind die Sachverhalte bezüglich der Vorrichtung Numerische Steuerung analog heranzuziehen, bzw. umgekehrt.

10 Die in der Tabelle hinterlegte Funktion beinhaltet beispielsweise eine hardwaremäßige Funktion. Ein Beispiel eine derartige Funktion ist die Positionierung einer Achse.

15 Wenn in der Tabelle Leit- bzw. Folgeachspaare stehen, dann ist dadurch eine Folgeachsbewegung beschrieben, die abhängig von der Leitachse bzw. dem Leitwert dem in der Tabelle hinterlegten 'Bewegungsgesetz' folgt. Dies ist i.d.R. eine kontinuierliche Bewegung.

20 Steht in der Tabelle zu einem bestimmten Leitwert ein Positionierauftrag bspw. in codierter Form wie z.B. FA-Wert=18019, welcher dekodiert M19 S180 bedeutet, so ist die Funktion ein Positionierauftrag, wie z.B. "positioniere Spindel auf 180°". Die Positionierung der Spindel ist nicht an den Leitwert gekoppelt, lediglich der Start dieser Aktion. Ein derartiger Vorgang kann auch als Schaltfunktion bezeichnet werden und stellt eine hardwaremäßige Funktion dar.

30 Die Funktion, welche in einer Tabelle abgelegt ist, beinhaltet beispielsweise aber auch eine softwaremäßige Funktion. Bei einer softwaremäßigen Funktion erfolgt eine Art Weiterverarbeitung. Bei einer softwaremäßigen Funktion erfolgt beispielsweise das Lesen eines Folgeachswertes mit Befehlen wie "CTABSSV", "CTABSEV" und eine Weiterverarbeitung des Wertes. Ein Beispiel hierfür ist ein Spindelprofil oder ein Hilfsfunktionsprofil oder ein Toolprofi, wie eine Onlineverschleisskorrektur.

35

platzes einer Steuerung nach dem Stand der Technik zu unterliegen.

Durch diese Verfahrensweise ist es möglich, große in Tabellen hinterlegte Abläufe zu verarbeiten, ohne die Steuerung, d.h. Die Steuerungs- und/oder Regelungs-Einrichtung in ihrer Kapazität zu überlasten. Die Tabellensegmente für einen Verarbeitungs- oder einen Bearbeitungsschritt oder für mehrere Ver- oder Bearbeitungsschritte, können kontinuierlich während der Abarbeitung von ISO-Programmen oder bereits hinterlegter Tabellensegmente nachgeladen werden, so dass sie der Steuerung ohne Wartezeiten zur Verfügung stehen, wenn sie benötigt werden bzw. abgearbeitet werden sollen.

In Tabellen hinterlegte Abläufe, d.h. in einer Tabelle hinterlegte Leit- und/oder Folgeachspaare und/oder in einer Tabelle hinterlegte Funktionen, sind in Segmente unterteilbar. Die Segmente sind kontinuierlich aus einem Massenspeicher in einen Verarbeitungsbereich einer Steuerungs- und/oder Regelungs-Einrichtung nachladbar. Der Massenspeicher ist beispielsweise ein Teil der Steuerungs- und/oder Regelungs-Einrichtung oder er ist mit dieser über eine Datenkommunikationseinrichtung, wie beispielsweise ein Datennetzwerk datentechnisch verbunden. Tabellensegmente sind so segmentweise in die Verarbeitungseinrichtung der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung, welche einen begrenzten Datenspeicher aufweist nachladbar. Dabei wird von "offline loading" gesprochen, wenn Tabellenquelldaten, also Daten der Tabelle, auf einen Massenspeicher abgelegt werden, der von der Steuerungs- und/oder Regelungs-Einrichtung datentechnisch erreichbar ist. Von "online loading" wird gesprochen, wenn Tabellenquelldaten von der Steuerungs- und/oder Regelungs-Einrichtung eingelesen werden und als online verarbeitbare Tabellen im SRAM oder DRAM des NCK hinterlegt werden.

Bei einem kontinuierlich fortschreitendem Leitwert, z.B. bezüglich einer Bewegung, sind ohne Unterbrechung von einem auf

den anderen IPO-Takt alle Folgebeziehungen, bzw. Funktionen, jeweils von einer online-Tabelle auf eine andere online-Tabelle umschaltbar. Die der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung online verfügbaren Tabellen sind im Zustand der

5 Bearbeitung der Tabellen zueinander zuschaltbar, so dass an eine online verfügbare Tabelle eine nächste anschließende online verfügbare Tabelle angehängt wird. Dies ist eine Art "Hotswitch"-Verfahren. Die dann abgearbeitete online-Tabelle kann, wenn sie für sich wiederholende Abläufe nicht noch wei-

10 ter benötigt wird, gelöscht werden. Damit wird Speicher der zur Verarbeitung der Tabelle in der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung benötigt wird wieder frei. Das mögliche Löschen nicht eines nicht mehr benötigten Segmentes wird erkannt, so dass der Vorgang des online Ladens -"online loading"

15 startbar ist. Das "online loading" wartet also auf den Löschvorgang und lädt später benötigte Tabellen, bzw. eine später benötigte Tabelle, in den frei gewordenen Speicher nach.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der numerischen Steuerung sind die Tabellen in den Ablauf von ISO-Programmen derart eingebunden, dass zum Ende eines jeweiligen ISO-Programms unverzüglich die Tabellenabarbeitung erfolgt und dass bis Ende der aktiven Tabellenabarbeitung unverzüglich das nächste ISO-Programm startet.

25 Durch diese Vorgehensweise ist die Funktionalität der Abarbeitung von Funktionen, welche in einer Tabelle abgelegt sind, in ein herkömmliches standardisiertes ISO-Programm zur numerischen Steuerung einfügbar. Es ergibt sich folglich eine

30 Mischung aus ISO-Programm und Tabelle bzw. Tabellen.

Ablaufsequenzen bei industriellen Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtungen sind also sowohl als ISO-Programm als auch in Form einer Tabelle speicherbar und ausführbar. In Tabellen hinterlegte Abläufe, d.h. in einer Tabelle hinterlegte

35 Leit- und/oder Folgeachspaare und/oder in einer Tabelle hin-

terlegte Funktionen, sind beispielsweise auch in Segmente unterteilbar.

Sind Ablaufsequenzen nicht nur in klassischer Weise in ISO-
5 Programmen, sondern sowohl in ISO als auch in Tabellen hinterlegt dann sind diese beiden Weisen der Beschreibung von Ablaufsequenzen in vorteilhafter Weise kombinierbar. Durch die Kombination ergibt sich eine hybride Ablaufsequenz.

10 Basiert die hybride Ablaufsequenz in ihrer grundlegenden Struktur auf einer Tabelle, wobei die Tabelle Leit- und/oder Folgeachspaare und/oder in der Tabelle hinterlegte Funktionen aufweist, so wird diese als "curve table based controled" bezeichnet. Die Reihenfolge und Abhängigkeiten, welche Ablauf-
15 sequenzen wann abgearbeitet werden sollen - "machining order" - sind in einer Tabelle oder auch in mehreren Tabellen hinterlegt. Eine Tabelle ist beispielsweise durch spezielle Kommandoprofile codiert.

20 Basiert die hybride Ablaufsequenz in ihrer grundlegenden Struktur auf einem ISO-Programm, so wird diese als "Iso based controled" bezeichnet. Dabei sind Maschinenbefehle - "machining order" - über klassischen ISO-Funktionen, wie Programmkoordinierungen: "WAITM/SETM/..." formuliert.

25 Eine hybride Ablaufsequenz liegt auch dann vor, wenn eine einzelne ISO-Ablaufsequenz, wie z.B. ein Programmabschnitt und/oder ein Unterprogramm, aus einer Tabelle aufgerufen wird, bzw. von dort aufrufbar ist.

30

Durch die Verwendung hybrider Ablaufsequenzen ist die Programmierung bzw. auch die Handhabung von Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtungen erleichtert.

35 Sowohl die Möglichkeit Funktionen in eine Tabelle zu fassen, als auch eine Tabelle zu segmentieren, wie auch die Mischung

eines ISO-Programmes mit einer Tabelle führt zu einer Art hybriden Maschinenführung.

Die für die hybride Maschinenführung notwendigen Abläufe sind in einem für die Steuerungs und/oder Regelungseinrichtung, wobei diese gemeinhin auch kurz als Steuerung bezeichbar ist, lesbaren Format erstellbar bzw. erzeugbar. In der Regel erfolgt dies, indem ein Programmierer eine ISO-Programme erstellt oder mithilfe von Programmierunterstützungsmitteln seine geforderten Abläufe auch grafisch unterstützt beschreibt und dann in ein für die Steuerung lesbares Format z.B. durch ein Engineeringwerkzeug erzeugen lässt. Die Erzeugung erfolgt in einem Generator. Im Falle der hybriden Maschinenführung sind nun auch z.B. Funktionen in Tabellen hinterlegbar. Der Generator vollzieht in vorteilhafter Weise eine Plausibilitätsprüfung. Bei einer derartigen Plausibilitätsprüfung erfolgt z.B. eine Vorausbetrachtung von Abläufen, wobei durch Ablaufsequenzen angesprochenen Prozessobjekte, wie z.B. Achsen, Spindeln, Prozesszustände, etc. auf einer Zeitachse aufgetragen werden. Diese Zeitachse entspricht nach der Übertragung auf Tabellen der Leitachse. Wird nun die Leitachse bewegt, werden alle Objekte in der vorausbetrachteten Weise ablaufen. Durch diese Vorausbetrachtung dürfen Zustände zur Abarbeitungszeit den Zeitbezug der Prozessobjekte nicht verändern, sonst kann der programmierte und technologisch sinnvolle Ablauf nicht aufrechterhalten werden. Dies gilt auch beispielsweise für: Ablaufsequenzen, die zur Abarbeitung nicht auf Tabellen, sondern in klassischer Weise auf eine ISO-Sequenz abgebildet werden; oder auch für Hilfsfunktionen, die abhängig von einem Prozesszustand Folgeoperationen verhindern sollen. Ein Beispiel hierfür ist bei einer Werkzeugmaschine, dass zunächst ein Futter zu sein muss, bevor eine Spindel mit dem Teil hochgedreht werden kann. In bisherigen Systemlösungen mit Tabellen ist die "worst case" - schlechtester Fall" - Schließzeit des Futters einzurechnen (längste Schließzeit), um Fehlfunktion oder Kollision zu ver-

meiden. Dabei sind nur sog. gesteuerte Funktionen, nicht quittierende Funktionen einsetzbar.

Ein derartiger Nachteil bezüglich der "worst case" Betrachtung ist bei der Verwendung von hybriden Ablaufsequenzen, als der Mischung zwischen Tabellen und ISO-Programmen, umgebar. Veränderungen im Ablauf einer von einer Steuerungs- und/oder Regelungs-Einrichtung kontrollierten Maschine bezüglich einer oder mehrerer ISO-Sequenzen und/oder auch ISO-Events sind möglich. Auch eine Abfrage von Prozesszuständen ist gewährleistet. Hierfür müssen keine Reservezeiten mehr eingeplant werden. Dies hat unter anderem Vorteile bezüglich einer optimalen Stückzeit, einer schnellen Anpassung-/Änderungsmöglichkeit, etc..

Dies Vorteile ergeben sich aus der Möglichkeit sogenannte Vorgänger-/Nachfolgerbeziehungen zu generieren. Es sind also bestimmte Abhängigkeiten für unterschiedliche Abläufe erzeugbar. Voneinander autarke Abläufe werden Abhängigkeiten zueinander zugewiesen bzw. mitgeteilt. Die autarken Abläufe selbst können dann zeitoptimal hintereinander bzw. zueinander abgearbeitet werden. An Abhängigkeitsstellen, der Abläufe zueinander, erfolgt dann eine Synchronisation der Abläufe, wie z.B. ein Warten auf "freie Fahrt" bei einem Werkzeugschlitzen.

Durch die erfinderische Hybridität der numerischen Steuerung ist zumindest eine Tabelle in den Ablauf von zumindest einem ISO-Programm derart einbindbar, dass bis Ende eines jeweiligen ISO-Programms unverzüglich die Tabellenabarbeitung erfolgt und dass bis Ende der aktiven Tabellenabarbeitung unverzüglich das nächste ISO-Programm startet. Dies gilt natürlich entsprechend dafür, dass zumindest ein ISO-Programm in den Ablauf von zumindest einer Tabelle derart eingebunden ist, dass bis Ende eines jeweiligen Tabellenablaufes unverzüglich das ISO-Programm startbar ist und dass bis Ende des

aktiven ISO-Programmes unverzüglich der nächste Tabellenablauf startbar ist.

Der komplette Ablauf eines Programms für eine numerische Steuerung ist in ISO testbar. Durch die leichte Änderbarkeit ist ein einfaches Einfahren einer Maschine ermöglicht. Anschließend ist ein Tabellen-/ISO-Generator startbar. Der Tabellen-/ISO-Generator ist vorteilhafterweise ein integraler Bestandteil einer numerischen Steuerung bzw. einer Maschine. Durch die Hybridität ist bezüglich der Produktion von teilen eine bessere Deterministik von Abläufen gegeben. Stückzeiten sind auf diese weise verbesserbar.

Sequenzen einer Tabelle sind beispielsweise um Erfordernissen der Abhängigkeit Rechnung zu tragen verschiebbar. Ein voraus-betrachteter Leitwert kann zu einer Startzeit mithilfe eines Befehls zu einer Eingangsverschiebung auf den sich zur Laufzeit ergebenden Wert gesetzt werden ohne warten zu müssen. Zur Synchronisation können Tabellensequenzen untereinander oder Tabellen- mit ISO-Sequenzen und/oder abhängig vom Prozess auch in verschiedenen Kanälen und/oder auch in verschiedenen NCs und PLCs synchronisiert werden.

Nach dem Stand der Technik ist bisher zum Ansprechen von Folgeachsen z.B. der Befehl "LEADON" bekannt. Durch den Befehl "LEADON" können Achsen in Abhängigkeit einer Leitachse einem in Tabellen hinterlegten Bewegungsgesetz unterworfen werden. Bisher kann durch diesen Befehl keine Spindel / Prozesszustände / beliebige NC-/PLC-Funktionen angesprochen werden. Dafür wäre jedes mal eine Synchronaktion zu formulieren. Erfindungsgemäß ist die Programmierung nun weiterentwickelt. Beispielsweise ist mit Hilfe einer Synchronaktion zu einem aktuellen Wert der Leitachse in einer Tabelle zu lesen. In der Tabelle sind zu gewünschten Leitwertpositionen Funktionen für Spindeln, Prozess, etc. in z.B. codierter Form als Folgewert hinterlegbar. Beispielhaft kann dazu ein Spindelprofil

herangezogen werden, wobei dieses z.B. die folgenden Funktionen aufweist:

- o M3Sn: Geschwindigkeit in Uhrzeigerrichtung;
- o M4Sn: Geschwindigkeit in Gegenuhrzeigerrichtung;
- 5 o M19Sp: Spindelpositionierung bei einem bestimmten Winkelgrad.

Bezüglich der Möglichkeit eine Funktion in einer Tabelle auch frei zum Interpolationstakt zu hinterlegen und die Funktion auszulösen, sobald der Interpolationstakt den Zeitpunkt erreicht oder überschritten hat oder in einem nächsten Interpolationstakt überschritten hat ist nun folgend ein Beispiel angegeben. Bei einem vorgegebenen IPO-Takt ist während einer Taktperiode beispielsweise ein Wegfortschritt von 67 Inkrementen erfolgt. Ist bei einer Position von beispielsweise 100 Inkrementen, welche zwischen dem 67. Inkrement und dem 154. Inkrement liegt, eine Position angegeben, bei welcher eine Funktion auszuführen ist, so wird bei Erreichen der Position, falls die Position mit dem IPO-Takt übereinstimmt, oder nach Erreichen der Position, also bei der Inkrementposition 254, ein Verweis auf eine Tabelle gemacht, wobei das Kennsignal eben die 100 Inkremente darstellt. Innerhalb der Tabelle erfolgt dann die Niederlegung der Schaltfunktion. Neue daraus entstehende Schaltfunktionen sind beispielsweise Hilfsfunktionsprofile, Spindeltabellen oder Spindelprofile.

Im Weiteren wird die Erfindung beispielhaft mit Hilfe von Figuren erläutert. Dabei zeigt:

- 30 FIG 1 eine Leitachse und eine Tabelle zum Aufruf von Schaltfunktionen,
- FIG 2 einen strukturierten Programmaufbau unter Einbeziehung verschiedener Kanäle,
- FIG 3 verschiedene Achsen einer Werkzeugmaschine,
- 35 FIG 4 drei Kanäle einer Werkzeugmaschine,
- FIG 5 den Einsatz eines Massenspeichers,

- FIG 6 die Aufbereitung von Funktionsprofilen bzw. Achsprofilen zur Speicherung auf einem Massenspeicher,
 FIG 7 den online download von Segmenten und
 FIG 8 die Codierung von Funktionen und ein Funktionsprofil

5

Die Darstellung gemäß FIG 1 zeigt eine Leitachse L. Auf dieser Leitachse sind in Pfeilrichtung verschiedene Positionen PO feststellbar. Der Positionswert ist ein Beispiel für ein Kennsignal und ist beispielsweise ein Lage-Sollwert oder ein Zeit-Sollwert. Erreicht das Kennsignal eine bestimmte Position PO auf der Leitachse L, so wird über einen Referenzwert, der sich auf die Position bezieht, eine Tabelle Tab ausgelesen. Da die Tabelle Tab mehrfach aufrufbar ist, erfolgt beispielsweise ein zweiter Aufruf an der Position PO2.

15

Die Darstellung gemäß FIG 2 zeigt beispielhaft einen Programmaufbau für eine Werkzeugmaschine, wobei verschiedene Kanäle CH, CHI und CHII vorhanden sind. Der linke Kanal CH dient als eine Art Führungskanal und ist der Kanal der Leitachse L. Daneben befinden sich weitere Kanäle CHI und CHII, welche die Arbeitskanäle darstellen. An einem Startpunkt A0 auf der Leitachse L werden in den Kanälen CHI und CHII Tabellen angesprochen. Im Falle des Kanals CHI handelt es sich dabei um Kurventabellen Tab1x, Tab1y und Tab1z für die verschiedenen Achsen x, y und z. Innerhalb der Tabelle wird dann ein weiterer relativer Startwert A'1200 und ein relativer Endwert A'1200 festgelegt. Beim Erreichen der Position A1200 auf der Leitachse L vollzieht sich ein Umschalten für den Kanal CHI von den Kurventabellen Tab1x, Tab1y und Tab1z für die Achsen x, y und z auf die Kurventabellen Tab2x, Tab2y und Tab2x für die Achsen x, y und z und den relativen Positionswerten A'1200 als Startwert und dem Endwert A'2085.

30

35

Erfindungsgemäß kann bei Erreichen eines bestimmten Kennsignals wie z.B. A2103 oder A0 als Kennsignal des Startpunktes auch eine Tabelle ausgelesen werden, welche zur Auslösung von Funktionen führt. Dies ist beispielhaft im Kanal CHII durch

die Tabelle TabII gezeigt. Zum Zeitpunkt A0 auf der Leitwertachse wird die Tabelle TabII für die spezielle Position A0 auf der Leitwertachse ausgelesen. Zu einer Position A1765 auf der Leitwertachse erfolgt dann, beispielsweise im Kanal CHII eine Umschaltung von der Tabelle TabII auf die Kurventabellen Tab2x, Tab2y und Tab2z, welche Positionen für die x-, y- und z-Achse angeben. Zur Position A2103 auf der Leitwertachse wird aus einer weiteren Tabelle TabI in Kanal CHI die Funktion zu dieser Position auf der Leitwertachse L ausgelesen.

10

Die Tabelle TabI ist mehrfach auslesbar, also auch z.B. zum Kennsignal A2247. Das mehrfache Auslesen ist sowohl für unterschiedliche als auch gleiche Positionen auf der Leitwertachse L möglich. Dies trifft auch auf die Tabelle II zu. Die Tabellen I und II können auch zusammengefasst werden, was jedoch nicht dargestellt ist. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass gegebenenfalls eine Zuordnung zu den Kanälen CHI, CHII, vorhanden ist.

15

Die Darstellung gemäß FIG 3 zeigt ausschnittsweise verschiedene Achsen x1, y1, z1, x2, y2, z2, c1, c2 einer Werkzeugmaschine. Dabei ist eine Aufteilung in verschiedene Kanäle CH1, CH2 und CH3 zur Durchführung der numerischen Steuerung gegeben.

20

25

Die Darstellung gemäß FIG 4 zeigt die Kanäle gemäß FIG 3 schematisch. Der Kanal CH 1 weist eine Hauptspindel S1 mit der Bewegungsachse z1 auf. Die Rotation erfolgt über eine Achse C1. Das Werkzeug TS1 ist in den Achsen x1 und y1 bewegbar. Diese Achsen werden im Kanal CH1 zusammengefasst. Der Kanal CH2 weist eine zweite Spindel S2 auf, welche sowohl in der z2-Achse als auch in der x2-Achse beweglich ist. Die Rotation erfolgt in der Achse c2. Der Spindel S2 ist ein Werkzeug TS2 zugeordnet.

30

35

Der Kanal 3 ist dem Werkzeug TS3 zugewiesen, welches in den Achsen x3, y3 und z3 bewegbar ist.

Bei der Verwendung verschiedener Kanäle CH1, CH2 und CH3 ist als Interpolationsparameter bzw. als Leitachse auch eine Zeitachse ausführbar.

- 5 Die Darstellung gemäß FIG 5 zeigt ein Engineeringsystem E. Im Engineeringsystem generierte Tabellen sind über einen Offline Download OFD in einem Massenspeicher M wie z.B. einer Festplatte speicherbar. Einer Speicherprogrammierbaren Steuerung NCU, wobei darunter ein Einrichtung zur Steuerung- und/oder
- 10 Regelung zu verstehen ist, werden über einen Online Download OND die im Massenspeicher M gespeicherten Daten zur Verfügung gestellt. Die Speicherprogrammierbare Steuerung NCU ist beispielsweise zur Steuerung von Antriebsachsen AA vorgesehen.
- 15 Die Darstellung gemäß FIG 6 zeigt Funktionsprofile FP und Achsprofile AP. Ein Funktionsprofil FP spiegelt eine Tabelle, bzw. einen Teil einer Tabelle wieder, welche Funktionen aufweist. Ein Achsprofil AP spiegelt demgegenüber zumindest einen Teil einer Tabelle wieder, welche Leit-/Folgeachspaare
- 20 aufweist. Die Profile FP, AP werden über einen Polynomgenerator POL in Polynomprofile PP. Die Polynomprofile PP weisen geringere Datenmengen auf. Den Polynomprofilen PP ist ein Online-Ladevorbereiter OLV nachgeschaltet. Dieser Online-Ladevorbereiter OLV teilt die Polynomprofile PP in Segmente SE
- 25 auf.

Die Darstellung gemäß FIG 7 zeigt, dass die Segmente SE im Engineeringsystem E generiert werden und im Massenspeicher M gespeichert werden. Über einen Online Download OND werden die

30 Segmente SE in eine Einrichtung zur Steuerung und/oder Regelung, wie z.B. einer SINUMERIK, also einer Speicherprogrammierbaren Steuerung NCU geladen. Nicht dargestellt ist die Möglichkeit, dass der Massenspeicher ein Teil der Einrichtung zur Steuerung und/oder Regelung ist, mit welcher Achsantriebe

35 AA steuerbar bzw. regelbar sind.

Die Darstellung gemäß FIG 8 zeigt zwei codierte Tabellen COTAI und COTAI^{II} und die dazu korrespondierenden decodierten Tabellen DETAI und DETAI^{II}. In einer ersten Spalte SPI steht das Kennsignal und in einer zweiten Spalte SPII eine codierte Funktion. In den decodierten Tabellen DETAI und DETAI^{II} ist dargestellt, dass sowohl eine M-Funktion als auch eine Position bzw. eine Geschwindigkeit decodiert ist. Ein Funktionsprofil FP stellt die Tabellen nochmals in graphischer Form dar.

Patentansprüche

1. Numerische Steuerung für Werkzeugmaschinen, Roboter oder Produktionsmaschinen, bei der in einem Interpolationstakt
5 Kennsignale (A2247,A2103), insbesondere Lagesollwerte für Systemkomponenten, insbesondere Antriebe, generierbar sind, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine Leitachse (L) im Interpolationstakt Referenzwerte zum Auslesen einer Tabelle (Tab,TabI,TabII) liefert, durch die dazu
10 Lagesollwerte für synchrone Folgeachsen vorgebbbar sind, dass jedoch in der Tabelle auch frei zum Interpolationstakt Funktionen hinterlegbar sind und, dass sobald der Interpolationstakt den Zeitpunkt erreicht oder überschritten hat oder in einem nächsten Interpolationstakt überschritten hat, diese
15 Funktion auslösbar ist.

2. Numerische Steuerung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Funktion eine hardwaremäßige Funktion ist.
20

3. Numerische Steuerung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Funktionen eine softwaremäßige Funktionen ist.

25 4. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Tabellen segmentweise von einem Massenspeicher über einen darüber versorgten FIFO-Speicher in der Steuerung verarbeitbar sind.

30 5. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Tabellen in den Ablauf von ISO-Programmen derart eingebunden sind, dass bis Ende eines jeweiligen ISO-Programms unverzüglich die Tabellenabarbeitung erfolgt und dass bis Ende der
35 aktiven Tabellenabarbeitung unverzüglich das nächste ISO-Programm startet.

6. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein ISO-Programm in den Ablauf von zumindest einer Tabelle derart eingebunden ist, dass bis Ende eines jeweiligen
5 Tabellenablaufes unverzüglich das ISO-Programm startbar ist und dass bis Ende des aktiven ISO-Programmes unverzüglich der nächste Tabellenablauf startbar ist.

7. Verfahren zur numerischen Steuerung von Werkzeugmaschinen, Robotern oder Produktionsmaschinen, bei dem in einem Interpolationstakt Kennsignale (A2247, A2103), insbesondere Lage-
10 Sollwerte für Systemkomponenten, insbesondere Antriebe, generiert werden, werden, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine Leitachse (L) im Interpolationstakt Referenzwerte zum Auslesen einer Tabelle
15 (Tab, TabI, TabII) geliefert, in der codierte und/oder nicht codierte Lage-Sollwerte für synchrone Folgeachsen vorgegeben werden und/oder in der Tabelle auch frei zum Interpolationstakt hinterlegte codierte und/oder nicht codierte Funktionen
20 abgefragt werden und sobald der Interpolationstakt den Zeitpunkt erreicht oder überschritten hat oder in einem nächsten Interpolationstakt überschritten hat, diese Funktionen ausgelöst werden.

25 8. Verfahren zur numerischen Steuerung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Funktion eine hardwaremäßige Funktion ausgeführt wird.

9. Verfahren zur numerischen Steuerung nach Anspruch 7,
30 dadurch gekennzeichnet, dass als Funktion eine softwaremäßige Funktion ausgeführt wird.

10. Verfahren zur numerischen Steuerung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet,
35 dass die Tabellen segmentweise von einem Massenspeicher über einen darüber versorgten FIFO-Speicher in der Steuerung verarbeitet werden.

11. Verfahren zur numerischen Steuerung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Tabellen in den Ablauf von ISO-Programmen derart eingebunden sind, dass bis Ende eines jeweiligen ISO-Programms unverzüglich die Tabellenabarbeitung erfolgt und dass bis Ende der aktiven Tabellenabarbeitung unverzüglich das nächste ISO-Programm gestartet wird.

Zusammenfassung

10 12. Verfahren zur numerischen Steuerung nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein ISO-Programm in den Ablauf von zumindest einer Tabelle derart eingebunden wird, dass bis Ende eines jeweiligen
15 Tabellenablaufes unverzüglich das ISO-Programm gestartet wird und dass bis Ende des aktiven ISO-Programmes unverzüglich der nächste Tabellenablauf gestartet wird.

20 13. Numerische Steuerung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 7 bis 12.

Verfahren und Vorrichtung zur numerischen Steuerung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur numerischen Steuerung, wobei komplexe und umfangreiche Aufgabenstellungen leichter bewerkstelligbar sind. Dies gelingt durch eine Numerische Steuerung bei der in einem Interpolationstakt Kennsignale, insbesondere Lage-Sollwerte für Systemkomponenten, insbesondere Antriebe, generierbar sind. Eine Leitachse liefert im Interpolationstakt Referenzwerte zum Auslesen einer Tabelle, durch die dazu Lage-Sollwerte für eine synchrone Folgeachse abfragbar sind. In der Tabelle sind jedoch auch frei zum Interpolationstakt start- und gegebenenfalls endauslösende Schaltfunktionen hinterlegbar. Sobald der Interpolationstakt den Zeitpunkt eines Referenzwertes erreicht oder überschritten hat, ist eine Auslösung der Funktion, welche in der Tabelle abgelegt ist, auslösbar. Die Hinterlegung in der Tabelle erfolgt codiert und/oder uncodiert.

FIG 1

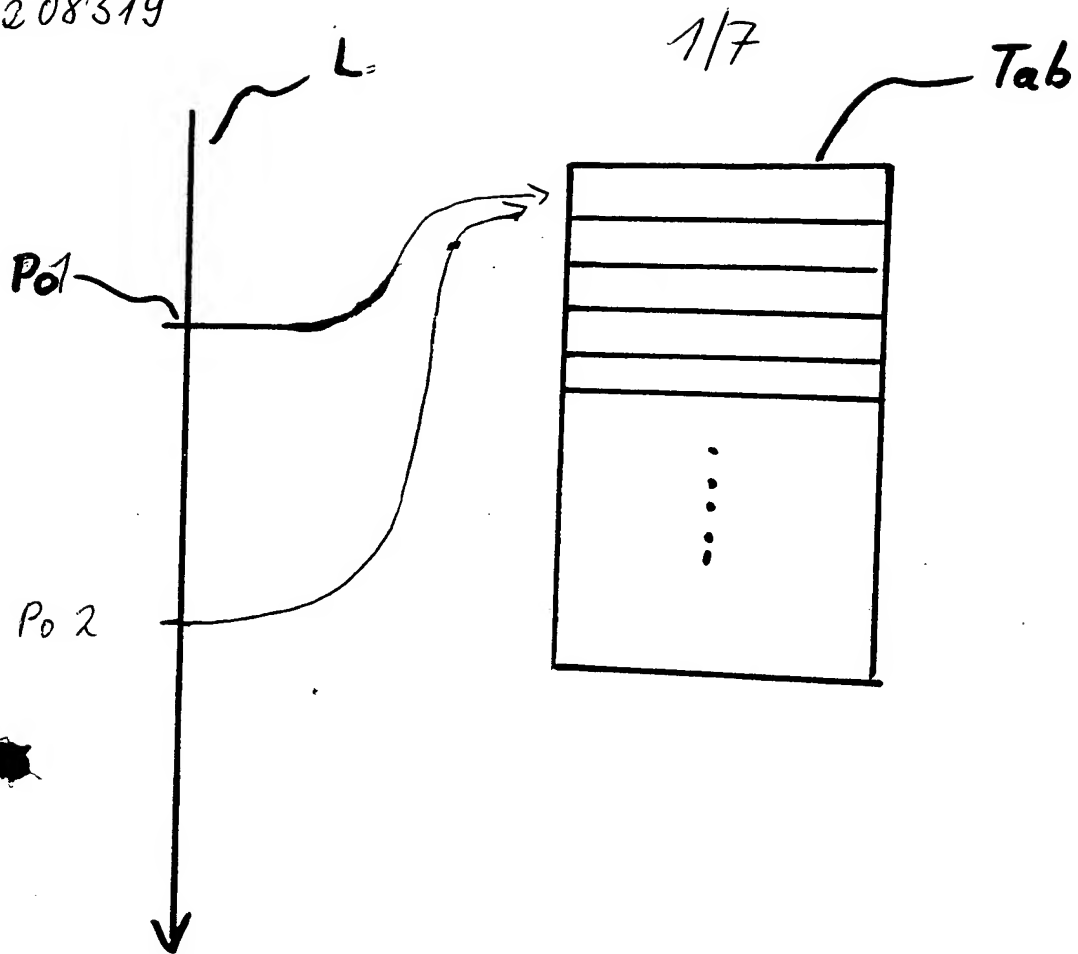


Fig 1

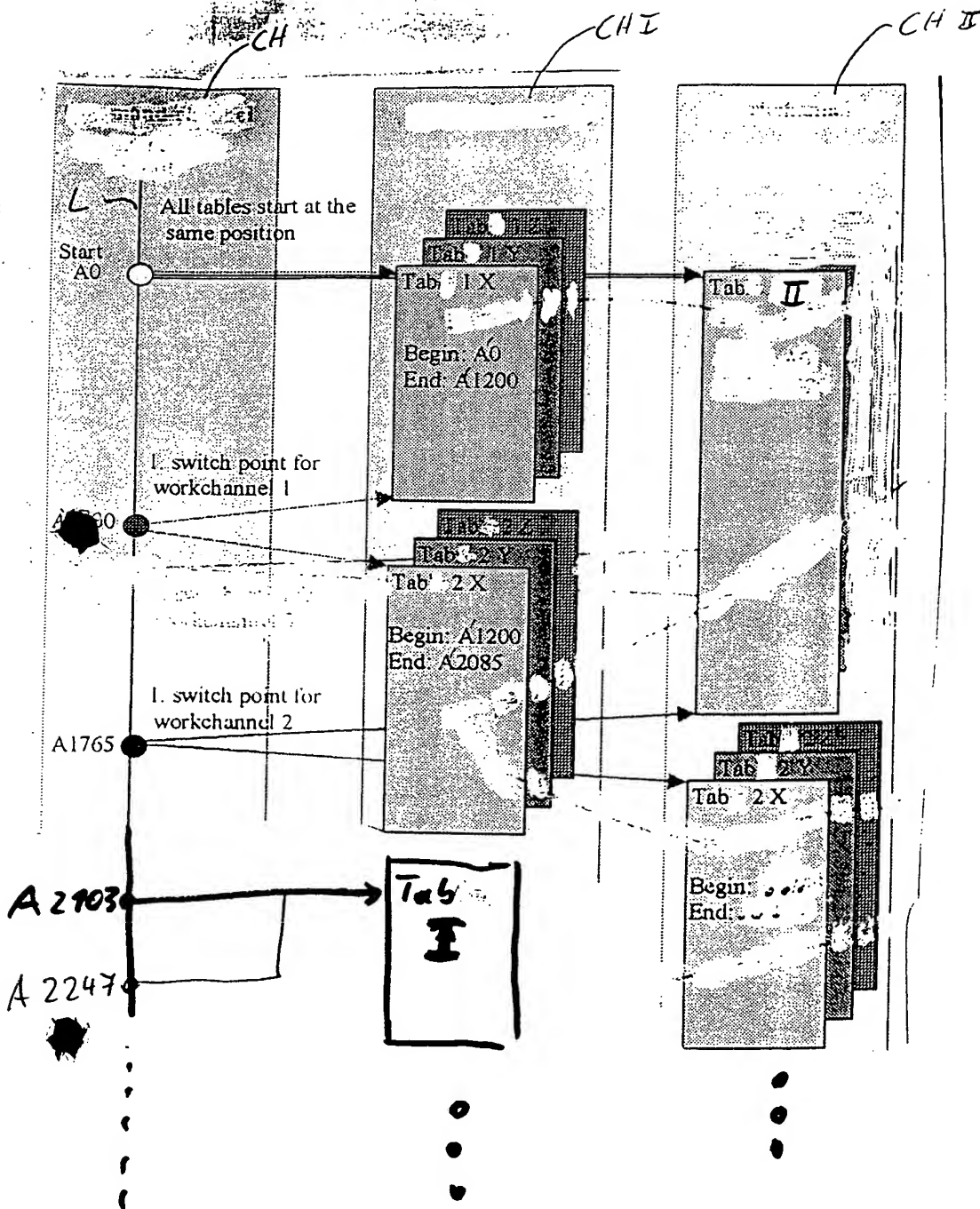


Fig 2

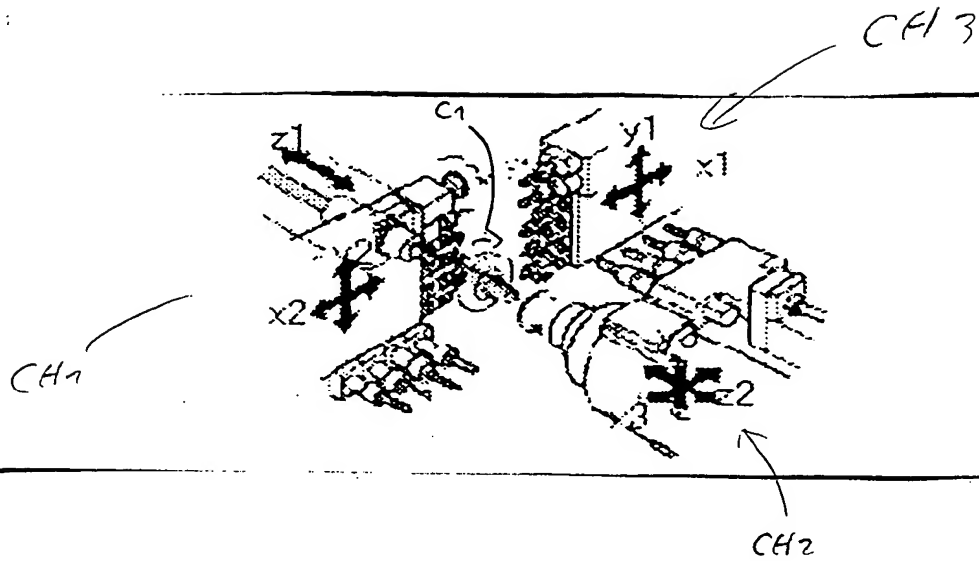


Fig 3

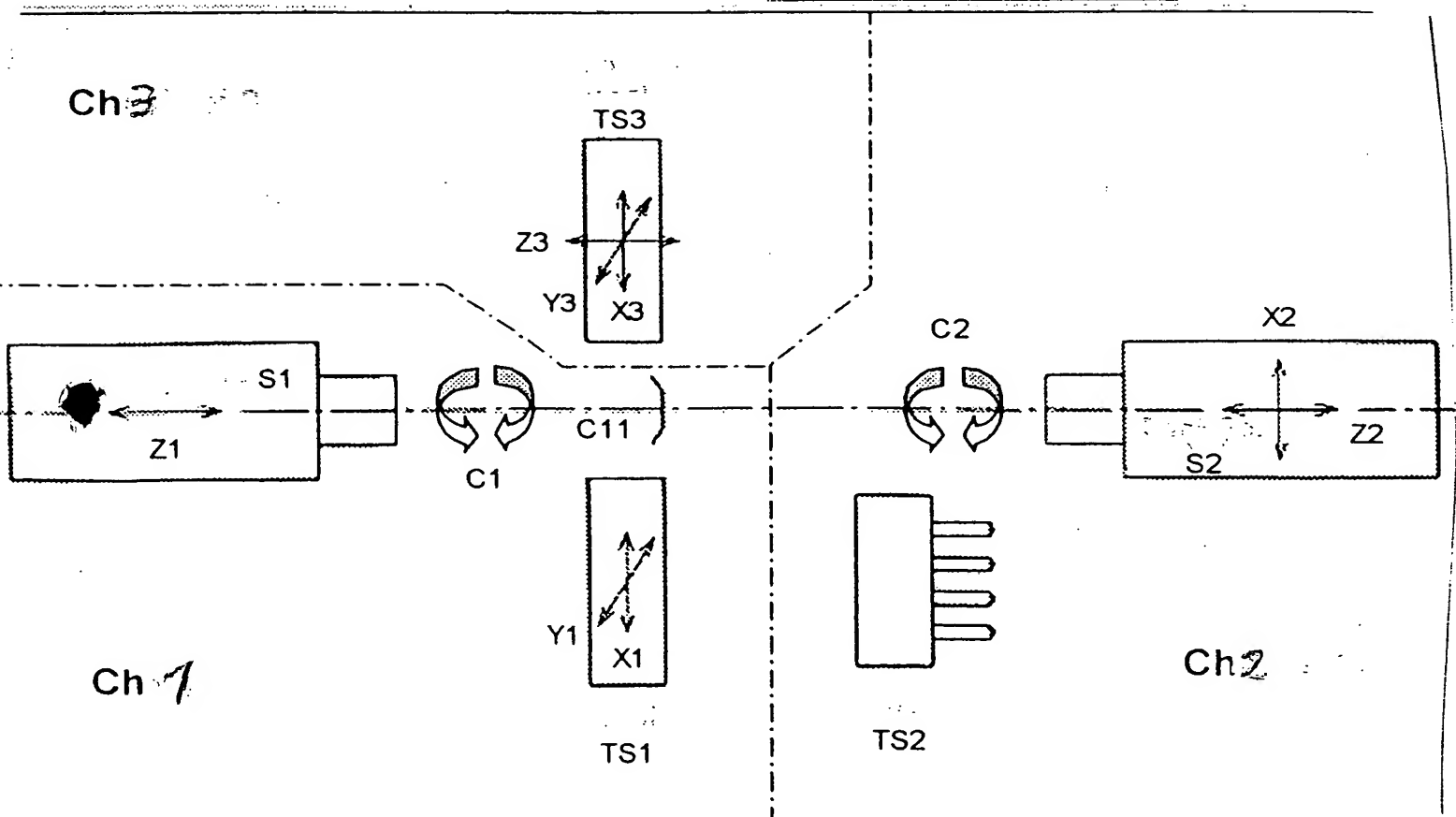


Fig 4

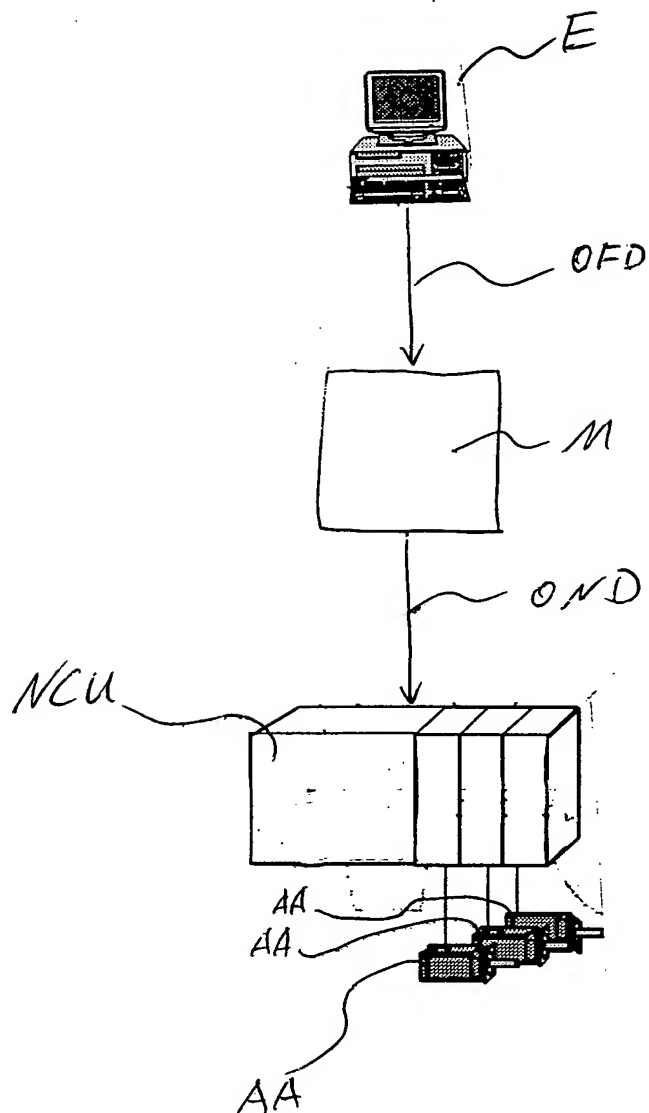


FIG 5

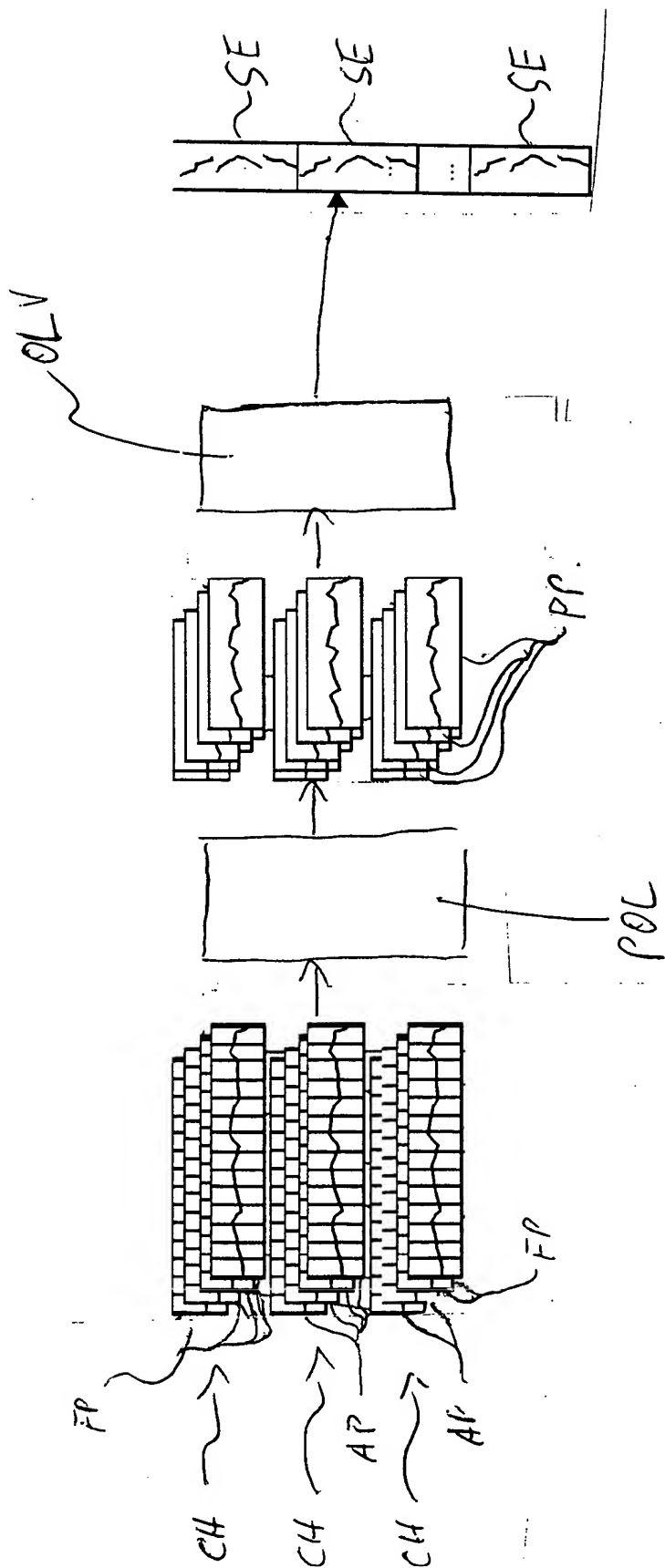


FIG 6

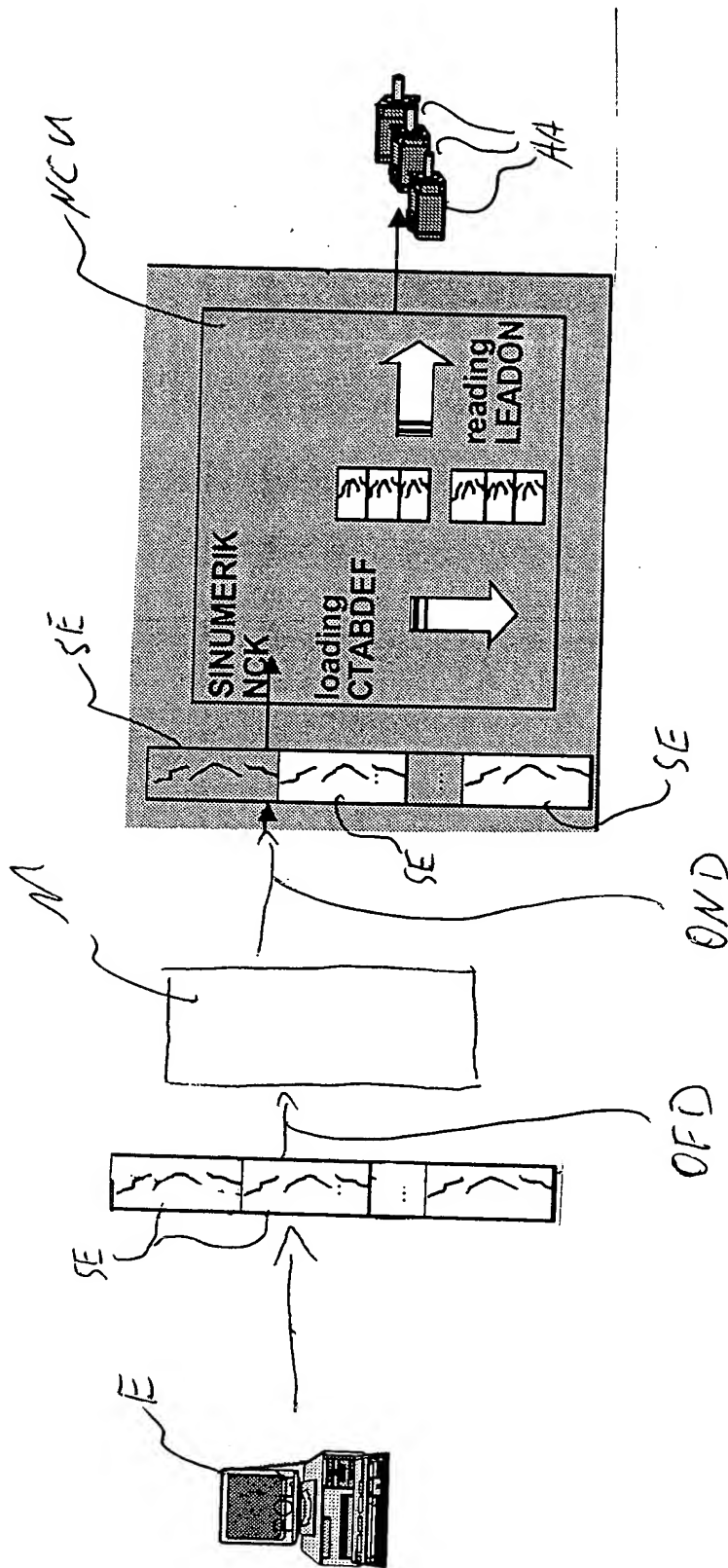


FIG 7

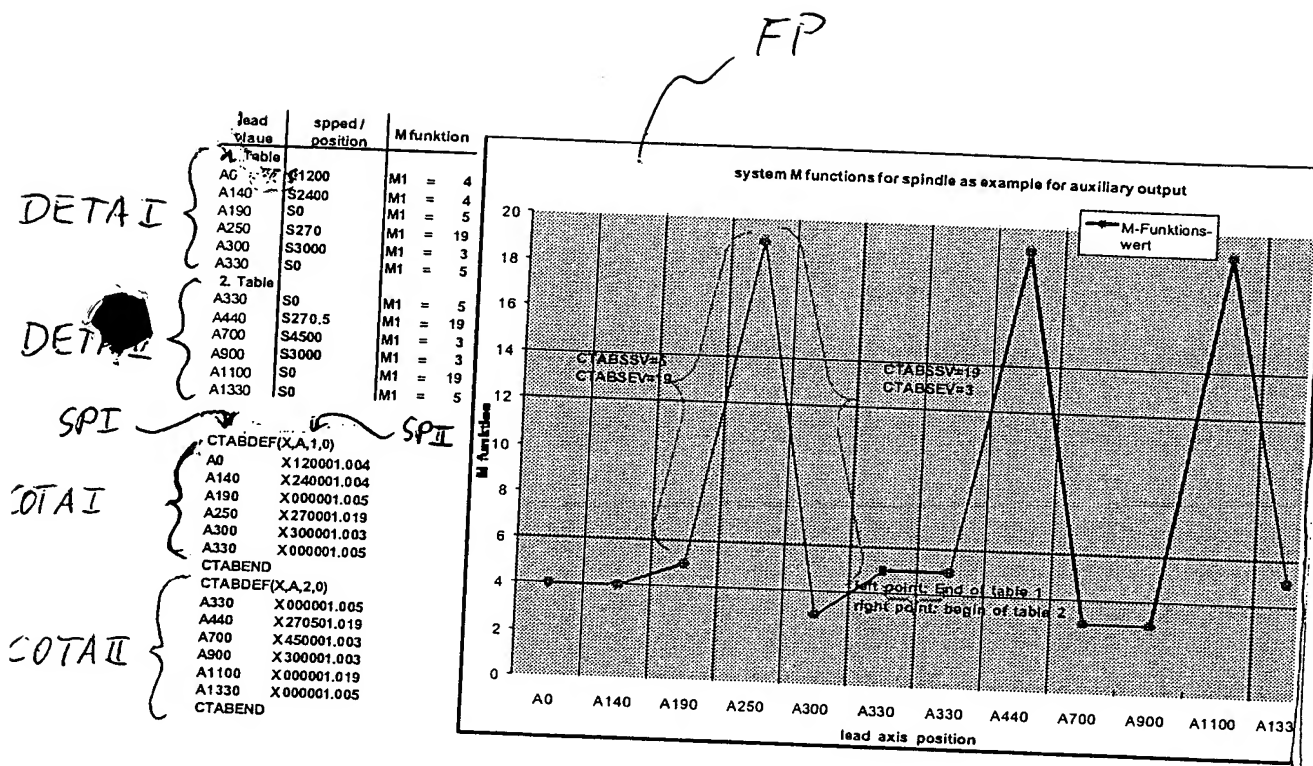


FIG 8